论著

文章编号:1000-5404(2009)22-2210-04

基于VRML的数字化喉模型的虚拟仿真解剖

谭立文[1],张绍祥[1],宋 林[1],陈卫军[1],李振强[1],胡 南[2] ([1]第三军医大学基础医学部人体解剖学教研室,重庆市数字医学研究所,重庆 400038;[2]重庆大学生物工程学院,重庆 400030)

摘 要:目的 建立喉的虚拟现实语言(virtual reality modeling language, VRML)模型,实现三维喉解剖模型远程虚拟仿真解剖。**方法** 选取第2例中国数字化可视人体喉区数据,利用手工分割建立喉区解剖结构的分割数据集;利用Amira 4.1软件建立分割数据的面绘制模型,输出VRML文件;为每个模型设置名称、外观属性、事件路由等节点,以及接口函数,并将分离的模型合并为一个完整的VRML模型;利用JavaScript函数来传递网页与VRML模型之间的参数,在网页文件中控制模型的显示属性,对喉模型进行远程虚拟仿真解剖。**结果** 建立了喉区器官结构的VRML虚拟现实模型,通过VRML插件实现了远程喉区解剖结构的三维显示与虚拟仿真解剖操作。**结论** 基于解剖断层图像的三维重建技术可以建立解剖标本的VRML模型,实现了数字解剖模型的远程交互式三维虚拟仿真解剖操作,为解剖学教学提供了新的远程虚拟现实仿真教学模式。

关键词: 数字解剖;喉;远程教育;VRML;虚拟现实
中图法分类号: R319;R323.1 **文献标识码:** A

Anatomical virtual simulation based on a digital VRML laryax model

TAN Li-wen[1], ZHANG Shao-xiang[1], SONG Lin[1], CHEN Wei-jun[1], LI Zhen-qiang[1], HU Nan[2] ([1]Department of Anatomy, College of Basic Medical Sciences, Third Military Medical University, Chongqing 400038; [2]College of Bioengineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: Objective To construct a virtual reality modeling language (VRML) model of larynx and implement remote 3D anatomical virtual manipulation of larynx. **Methods** Partial datasets of larynx were generated based on the second CVH slices with manually segmentation. Surface models were established with Amira 4.1 software and exported as VRML files. Each model was defined with some node, such as name, appearance and event-router. Then individual models were combined as an integrated VRML model. Parameters transmission between webpage and VRML could be achieved with JavaScript function. As a result, the visible attribute of VRML models became controllable and the remote anatomical virtual simulation of larynx could be performed. **Results** VRML-based VR model of larynx was established. 3D representation and virtual anatomical operation were validated with VRML plug-in. **Conclusion** Anatomical VRML model can be created with 3D reconstruction techniques based on cross-sectional datasets and 3D interactive virtual tele-operations can be implemented within this digital model, which offer a new method for long distance anatomical education based on virtual reality.

Key words: digital anatomy; larynx; distance education; virtual reality modeling language; virtual reality

计算机技术和可视化技术的快速发展,使得人体结构的三维可视化成为可能[1-3]。喉区结构细小、复杂,是解剖学教学中的重点和难点,但教学中常因缺乏完整、精细的喉区解剖标本而增加学生理解和记忆的难度。国内外学者利用数字化技术建立部分喉区的三维数字模型,能充分展示喉的三维空间形态和毗邻关

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(60771025, 60871099)
Supported by the General Program of National Natural Science Foundation of China(60771025, 60871099)
作者简介: 谭立文,男,重庆市人,高级实验师,主要从事数字解剖学及数字医学方面的研究。电话:(023)68753708, E-mail: tlwtan@163.com
通信作者: 张绍祥,电话:(023)68752005, E-mail: zhangsx@tmmu.edu.cn
收稿日期: 2009-04-13;**修回日期:** 2009-05-11

系,但需要高硬件配置,影响数字解剖学教学的发展和应用[4-7]。虚拟现实建模语言(Virtual Reality Modeling Language,VRML)[8-11]为基于 Web 网络的虚拟现实技术,是一种面向 Web 的三维造型语言。本研究利用计算机三维重建、VRML 和网络技术建立喉的远程虚拟仿真教学系统,为喉的解剖学教学提供三维解剖模型和远程自主式学习的教学模式。

1　材料与方法

1.1　VRML 几何模型的建立

选取第 2 例中国数字化人体喉区断层数据,共计 191 层,喉区有效数据区域大小为 687 pixels × 785 pixels,空间解析度为 0.25 mm × 0.25 mm,层间距为 0.5 mm。在 Photoshop 软件中利用人工识别的半自动分割方法建立喉区各器官结构的分割数据集,将分割数据导入 Amira4.1 三维可视化软件系统,利用域值分割提取各分割数据,经计算机三维重建,分别建立喉区各单位器官结构的三维面绘制模型。将生成的三维数字模型进行模型简化和平滑处理,简化后的单个数字模型的三角面片数不大于 50 000 个,平滑时的“interations”值为 10 ~ 100,“lambda”值为“0.6”。经简化和平滑处理后的数字模型按 VRML 的文件格式输出,建立只有几何坐标体系的喉区解剖结构的三维数字模型。

1.2　VRML 模型的设计

将每一个数字模型存储为一个独立的 VRML 文件,并将 VRML 模型文件中多余节点信息删除,仅保留几何节点信息。对需要控制的节点定义唯一的节点名称及其相应的控制参数,如视点位置、监测器、事件路由等。每个数字模型可以单独显示,也可将每个独立的模型合在一起,观察多个结构的形态和空间位置关系,利用 JavaScript 语言来控制节点的参数,实现不同开发环境的 VRML 模型的参数传递与控制。将所有喉区各解剖结构的 VRML 模型合并成一个文件,设置 JavaScript 函数来获取、设置和传递当前显示模型的参数。最后,采用 gzip 的压缩方式来缩小生成的 VRML 文件。

1.3　喉区模型的虚拟仿真软件的设计

总的设计思路是在 html 文件中使用 JavaScript 语言编程来获取 VRML 文件中的模型参数,并在 html 文件中动态调整 VRML 文件的控制参数,从而控制 VRML 文件中模型的显示与隐藏、外观设置等可视化属性,并与之进行实时的交互式操作。为便于控制和展示喉区的数字模型,本实验将喉区部位的器官结构分为喉软骨、喉内辅助结构、喉区肌肉、喉周围结构 4 个部分。喉软骨包括会厌软骨、甲状软骨、环状软骨、杓状软骨、小角软骨、楔状软骨。喉内肌、喉外肌和胸锁乳突肌等喉部肌肉一并归入喉区肌肉,包括环杓后肌、甲杓肌、环甲肌、杓横肌、咽下缩肌、甲状舌骨肌、胸骨舌骨肌、胸骨甲状肌等。喉内辅助结构指喉的膜性结构,重建模型主要有声带、环甲正中韧带、甲状舌骨正中韧带等。建立的喉周围结构模型主要有甲状腺、甲状旁腺、血管、舌骨、血管、气管、食管等。

以树状结构来显示喉区模型的分类和单个器官模型的名称,在树状结构展开时则显示该树枝下的所有模型,反之,则隐藏所有模型。在树枝上点击单个结构的名称时,则显示或隐藏该结构的数字模型。可以修改指定结构的颜色值和透明度,并将修改后的参数实时返回给数字模型。当鼠标指向某个数字模型时,在指定位置显示该结构的中英文名称。

将编辑的 VRML、html 文件,以及与之相关的图标等文件一并上传至教学网站服务器,在 100 Mb 带宽的内部局域网对喉的虚拟仿真系统进行了测试,在异地通过网络读取喉的虚拟教学仿真系统,模拟喉的虚拟仿真教学。

1.4　VRML 浏览器插件

在 Windows 系统中安装 BS Contact 7.1 或 blaxxun contact 5.1 VRML 插件进行测试。BS Contact 7.1 插件可以在 bitmanagement software 的官方网站下载,下载地址为 http://www.bitmanagement.com/download/; blaxxun contact 5.1 的下载地址为 http://www.blaxxun.com/。

1.5　基于 Web 的喉数字模型的虚拟仿真操作

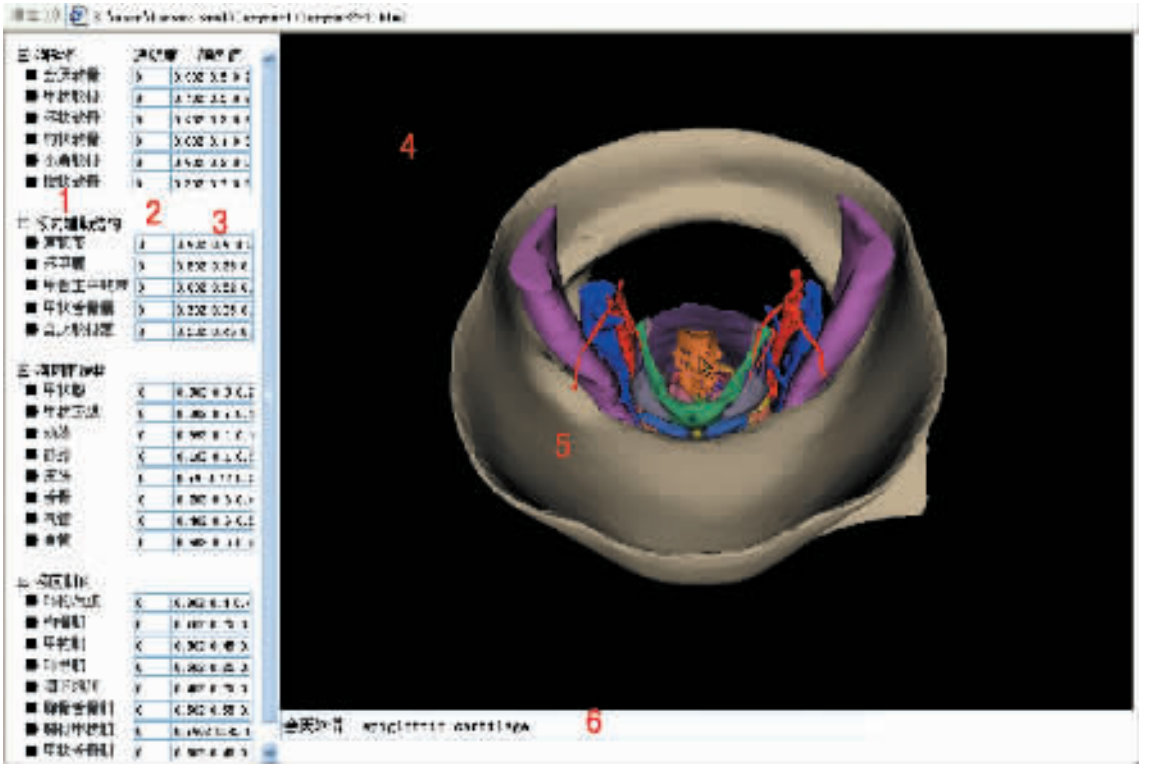
通过远程调用 html 文件,在本机安装有 VRML 插件的情况下可以在本机显示数字模型,并进行交互操作和参数设置。在参数设置区控制模型的显示、隐藏、颜色和透明度等参数,在信息显示区显示当前模型的中文结构名称,用鼠标在 VRML 模型显示区来旋转、放大、缩小、调整视点等三维操作。

2　结果

通过三维重建技术,利用分割的喉区断层数据建立了喉区多个器官结构的三维数字模型。在 html 网页文件中,利用一系列 JavaScript 函数实现了网页与 VRML 模型之间的参数传递,利用参数值的变化来控制模型的显示、隐藏、透明度、显示色彩等。并通过远程网络实现了喉区三维数字解剖模型在异地的显示和交互式操作,建立了基于网络的喉数字解剖模型的仿真系统,在异地实现了喉的虚拟仿真教学(图 1)。

在 BS Contact 7.1 插件中,本研究利用红/绿眼镜实现了数字模型的三维立体浏览,其立体层次感较强,能感受到重建模型的空间立体形态及其毗邻关系。

将皮肤的透明度设置为“0.5”时,可透过皮肤显示内部的解剖结构(图 2),又能保留皮肤的完整形态。用鼠标可对模型在原位进行任意方位的旋转,放大和缩小等操作(图 3),能实时地从不同方位对数字模型进行观察,其操作方便、灵活。通过建立的喉数字解剖模型的仿真系统,可观察到重建的喉模型形态逼真,具有清晰、明确的空间位置关系。



1:解剖结构选择区;2:透明度设置;3:模型颜色值设置;4:模型显示与操作区;5:数字模型;6:模型名称动态显示区

图1 喉模型的远程浏览示意图(前上面观)

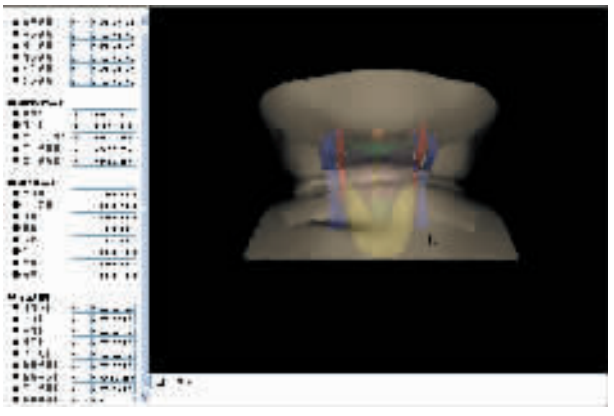


图2 喉模型的远程浏览示意图(半透明显示)

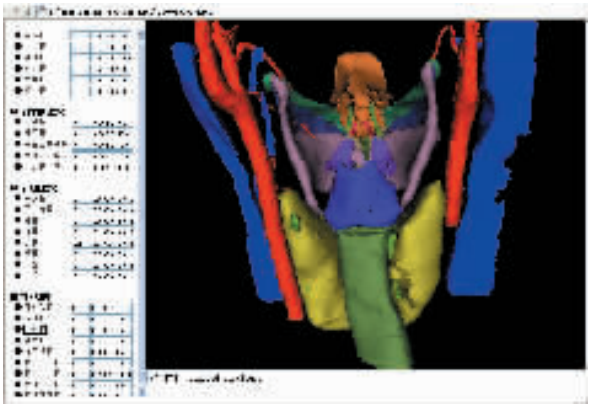


图3 喉模型放大显示示意图(后面观)

3 讨论

3.1 基于VRML的喉区数字解剖模型

本研究在中国数字化可视人体数据集的基础上,通过图像分割、三维重建、网络编程等技术手段,建立了喉区主要解剖结构的VRML模型,可以在异地通过远程调用来展示喉区解剖结构的形态及其空间位置关系,有助于在课堂之外进行喉的解剖学习,同时提高学生的学习兴趣,降低学生对尸体标本的恐惧感。通过对喉区数字解剖模型的远程虚拟仿真系统的研究,为人体解剖学的远程虚拟仿真解剖提供了较完整的技术路线和方法,该方法和思路有望改善目前解剖教学标本的不足,为解剖学教学提供一种新的教学思路和方法。

本研究未建立弹性圆锥、方形膜等膜性结构,以及细小的血管、神经等管、线状结构。这是由于原始数据源上难以辨认这些结构,无法通过现有的三维建模技术来构建。在后期的研究中,拟通过基于知识领域的人工方法来构建这些结构的三维数字模型。

3.2 与传统解剖标本模型教学的比较

虚拟现实仿真教学系统与传统教学模型相比的优点[12,13]:①节约解剖标本。教学标本在教学中损坏程度较大,使用次数有限;尸体解剖则是一次性的,无法重复使用。通过数字化技术建立的数字模型则可以无

数次使用,降低尸体标本和教学标本的需求量。②教学内容不受时间和空间的限制。传统的解剖学教学过程中,学生必须在解剖实验室才能进行解剖标本的观察、尸体标本的解剖操作等知识的学习。虚拟仿真教学系统则可在异地通过网络来进行解剖学教学,在本地计算机上模拟显示解剖学教学标本的形态和知识点,模拟实地的解剖操作等。

3.3　对解剖教学模式的变革和优化

基于 Web 的解剖学教学虚拟仿真软件的应用,将为人体解剖学教学注入新的活力,从根本上改变传统教与学的方式,使学生真正参与教学活动,让学生成为教育过程中的主体,变被动接受为主动学习,突破时间和空间的限制,将会有效地提高教学质量及学生综合运用知识的能力[12-17]。同时,这种现代化教学媒体的应用,将促进教学手段的现代化,引起教学组织形式、教学方法及结构的相应改变,推动教学思想和教学理论的发展,对于教学改革起到十分重要的推动作用。随着计算机信息技术的飞速发展、虚拟现实技术的不断完善,开发基于 Web 的虚拟现实远程教育软件具有很现实的意义和广阔的前景[15-17]。因此,本软件的研制对开发以三维立体的数字解剖学模型或数字解剖标本为主要媒体的远程教育软件提供了范例,并建立了一套从基础几何模型的建立到基于 Web 网络的交互式虚拟解剖学教学的技术路线和实现方法。

基于 Web 的教学形式是一种新的通过远程传授知识的教学模式[9,15-17],学生的学习可以不受时间和地点的限制,学生可以主动学习课程中要求的知识。特别是网络为学生提供了独自获取知识的方法和手段,可以自由选择何时学、学什么、学多长时间,一切学习计划可以自我掌握。除传统的 html 网页文件中包含的素材,如文字、图像、超链接等,还有更多的多媒体内容可以融入到教学中,特别是随着 Web 3D 标准的制定和应用[18],如 X3D(2004)、VRML(1997)等标准,可以通过远程传输来实现虚拟教学环境(Educational Virtual Environments, EVEs)。在 html 文件中融入文字、图像、视频等多媒体是一项非常成熟的技术,但不支持三维图像和立体声音文本的显示,而解剖学教学注重人体结构的三维形态特征和彼此间的空间位置关系,单纯的 html 文件难以实现三维人体结构的三维立体形态的展示,以及与数字模型的交互操作。本研究将 html、JavaScript、VRML 结合在一起,建立喉区解剖结构的网络虚拟仿真教学系统,在本地普通计算机上实现了喉区数字模型的远程读取、本地显示与交互式操作,初步实现了喉区结构系统解剖学的教学要求和教学内容。通过对远程虚拟仿真教学系统的进一步开发与完善,将有助于解剖学远程教学的开展,突破解剖学教学受时间、地点的限制,有助于医学生的自主学习,拓宽解剖学的教学模式,提高解剖学的教学质量。

参考文献:

[1] Zhang S X, Heng P A, Liu Z J. Chinese visible human project[J]. Clin Anat, 2006, 19(3): 204-215.

[2] 张绍祥, 王平安, 刘正津, 等. 首套中国男、女数字化可视人体结构数据的可视化研究[J]. 第三军医大学学报, 2003, 25(7): 563-565.

[3] 谭立文, 张绍祥, 宋　林, 等. 喉软骨薄层横断面与可视化研究[J]. 中华耳鼻咽喉科杂志, 2004, 39(6): 368-370.

[4] Nakano Y, Asakura K, Himi T, *et al*. Chondrosarcoma of larynx: a case successfully reconstructed after total cricoidectomy[J]. Auris Nasus Larynx, 1999, 26(2): 207-211.

[5] Regan-de-Berea S, Petersen A. Out of the dissecting room: news media portrayal of human anatomy teaching and research[J]. Soc Sci Med, 2006, 63(1): 76-88.

[6] Korf H W, Wicht H, Snipes R L, *et al*. The dissection course-necessary and indispensable for teaching anatomy to medical students[J]. Ann Anat, 2008: 190(1): 16-22.

[7] 谭立文, 张绍祥, 冉　旭, 等. 基于中国数字化可视人体喉区细小结构分割数据集的建立[J]. 第三军医大学学报, 2008, 30(1): 8-10.

[8] Amon T, Valencic V. VRML-enhanced learning in biology and medicine[J]. Fut Gener Comput Syst, 2000, 17(1): 1-6.

[9] Granger N A, Calleson D C, Henson O W, *et al*. Use of Web-based materials to enhance anatomy instruction in the health sciences[J]. Anat Rec B New Anat, 2006, 289(4): 121-127.

[10] 张金钊, 张金锐, 张金镝, 等. VRML 编程实训教程[M]. 北京:清华大学出版社, 北京交通大学出版社, 2008: 1-20, 179-224.

[11] Lu J, Pan Z, Lin H, *et al*. Virtual learning environment for medical education based on VRML and VTK[J]. Comput Graph, 2005, 29(2): 283-288.

[12] Patel K M, Moxham B J. Attitudes of professional anatomists to curricular change[J]. Clin Anat, 2006, 19(2): 132-141.

[13] Cabral D E, Barbosa N J M. Students' Opinions on the Use of Computer Rooms for Teaching Anatomy[J]. Int J Morphol, 2005, 23(3): 267-270.

[14] Paalman M H. Why teach anatomy? Anatomists respond[J]. Anat Rec, 2000, 261(1): 1-2.

[15] Biasutto S N, Caussa L I, Criado-del-Rio L E. Teaching anatomy: cadavers vs. computers? [J]. Ann Anat, 2006, 188(2): 187-190.

[16] Bay B H, Ling E A. Teaching of anatomy in the new millennium[J]. Singapore Med J, 2007, 48 (3): 182-183.

[17] Brenton H, Hernandez J, Bello F, *et al*. Using multimedia and Web3D to enhance anatomy teaching[J]. Computers & Education, 2007, 49(1): 32-53.

[18] Malandrino D, Palmieri G, Scarano V. Visualizing processes on the web[J]. J Vis Lang Comput, 2007, 18(6): 592-612.

(编辑　栾　嘉)